

Original document

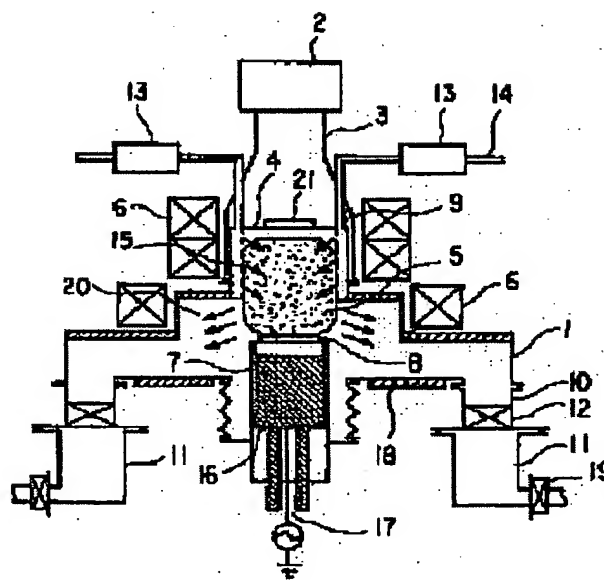
(9)

PLASMA ETCHING APPARATUS

Patent number: JP6037046
 Publication date: 1994-02-10
 Inventor: TAJI SHINICHI; MIZUTANI TATSUMI; KURE TOKUO; GOTO YASUSHI; TSUJIMOTO KAZUNORI
 Applicant: HITACHI LTD
 Classification:
 - international: H01L21/302; C23F4/00; H05H1/46
 - european:
 Application number: JP19920186383 19920714
 Priority number(s): JP19920186383 19920714

[View INPADOC patent family](#)**Abstract of JP6037046**

PURPOSE: To prevent unstableness in electric discharge caused by plasma at low gas-pressure of 10mTorr or below, by providing a secondary electron control mechanism at a plasma generator, a sample stage, and a member adjacent to the sample stage. **CONSTITUTION:** In a plasma etching apparatus, etching gas is supplied to a vacuum treatment chamber. A high-frequency wave generated by a microwave generator 2 is transmitted through a wave guide 3 to a discharging unit 4 to generate gas plasma 5. A solenoid coil 6 is provided around the discharging part 4 for highly efficient discharge. A sample stage 7 is provided in a place adjacent to the discharging part 4, and a wafer on the sample stage 7 is etched by gas plasma. This plasma etching apparatus is characterized by a control mechanism provided at a plasma generator, a wafer stage, and a member adjacent to the wafer stage for controlling secondary electrons generated at the solid surface. An electric field or a magnetic field is applied to control an orbit of the secondary electrons by using a low electron-emitting material.

Data supplied from the *esp@cenet* database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平6-37046

(43) 公開日 平成6年(1994)2月10日

(51) Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/302	B	8518-4M		
C 2 3 F 4/00	D	8414-4K		
H 0 5 H 1/46		9014-2G		

審査請求 未請求 請求項の数15(全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平4-186383

(22) 出願日 平成4年(1992)7月14日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 田地 新一

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 水谷 翼

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 久▲禮▼ 得男

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(74) 代理人 弁理士 中村 純之助

最終頁に続く

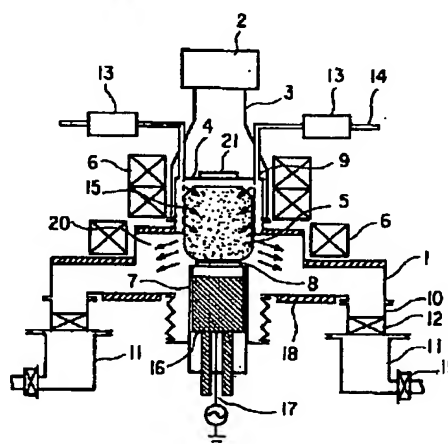
(54) 【発明の名称】 プラズマエッチング装置

(57) 【要約】

【構成】 プラズマエッチング装置において、ガスプラズマ5と相対する固体表面で発生する2次電子の制御機構を、放電部4などのプラズマ発生部とウェハ8を設置する試料台7およびそれらの部分に接する部材の少なくとも一つに設ける。

【効果】 10mTorr以下の低ガス圧プラズマでの2次電子発生に起因した放電の不安定性が解消する。

図 1



- | | |
|------------|---------------|
| 1…真空処理室 | 10…排気管 |
| 2…マイクロ波発生器 | 11…排気ポンプ |
| 3…導波管 | 12…コンダクタンスバルブ |
| 4…放電部 | 13…ガス流量コントローラ |
| 5…ガスプラズマ | 14…ガス配管 |
| 6…ソレノイドコイル | 15…冷却機構 |
| 7…試料台 | 16…RFバイアス |
| 8…ウェハ | 17…ヒータ |
| 9…ガス導入口 | 21…マイクロ波導入窓 |

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 マイクロ波電力または高周波電力もしくはその両方の手段により発生させたガスプラズマを用いて真空処理室内に設置された試料を処理するプラズマエッチング装置において、プラズマと相対する固体表面で発生する2次電子の制御機構を、プラズマ発生部および試料設置台ならびにそれらの部分に接する部材のうちの少なくとも一つに設けたことを特徴とするプラズマエッチング装置。

【請求項2】 請求項1に記載のプラズマエッチング装置において、ガスプラズマは磁場中におけるマイクロ波放電もしくは高周波放電により発生したものであり、そのプラズマに接する放電管が少なくとも部分的に石英またはアルミナなどの絶縁物で構成されており、放電管への電子の入射を阻害する電場または磁場が印加されることにより、プラズマ発生部およびその部分に接する部材での2次電子の制御を行うことを特徴とするプラズマエッチング装置。

【請求項3】 請求項2に記載のプラズマエッチング装置において、放電管への電子の入射を阻害するために印加される電場の強度または周波数もしくは磁場の強度を時間的に変化させることを特徴とするプラズマエッチング装置。

【請求項4】 請求項1に記載のプラズマエッチング装置において、ガスプラズマは磁場中におけるマイクロ波放電により発生したものであり、そのプラズマに接する試料を載置する台に高周波と直流の電位を供給する手段を有し、これらの電位が、試料表面からでる電子が該試料に対して垂直方向に運動することを阻害するように印加されることにより、試料設置台における2次電子の制御を行うことを特徴とするプラズマエッチング装置。

【請求項5】 請求項2に記載のプラズマエッチング装置において、マイクロ波放電を行う放電管の形状が半球状または円筒状もしくは両者を合わせた形状をなし、その放電管の外周の一部を電極で構成するとともに、該電極に電位を与えることにより、前記放電管の壁面に電子が入射することを阻害できるようにしたことを特徴とするプラズマエッチング装置。

【請求項6】 請求項5に記載のプラズマエッチング装置において、放電管の外周の一部に構成される電極が複数部分に分割された電極であり、分割した電極の各部分にそれぞれ独立に電位を与えることを特徴とするプラズマエッチング装置。

【請求項7】 請求項2に記載のプラズマエッチング装置において、マイクロ波放電および高周波放電を行う放電管の外周部に、部分的に複数の永久磁石を配置し、これにより放電管への電子の入射を阻害できるようにしたことを特徴とするプラズマエッチング装置。

【請求項8】 請求項2に記載のプラズマエッチング装置において、マイクロ波放電を行う放電管が、石英とステ

2

ンレス、およびこれらの材料よりも2次電子発生量の少ない材料を含む少なくとも三種類の材料で構成されていることを特徴とするプラズマエッチング装置。

【請求項9】 請求項8に記載のプラズマエッチング装置において、マイクロ波放電を行う放電管の内壁面に微小の凹凸を設け、凹凸による高さの差があることにより内壁面からの2次電子発生量が少なくなるようにしたことを特徴とするプラズマエッチング装置。

【請求項10】 請求項8に記載のプラズマエッチング装置において、放電管を構成する材料の内の2次電子発生量の少ない材料が、試料表面と相対する部位もしくはその外周部に位置する部分に用いられていることを特徴とするプラズマエッチング装置。

【請求項11】 請求項2に記載のプラズマエッチング装置において、マイクロ波放電を行う放電管は、その高さが試料面に平行な放電管断面の直径の1.5倍より大きく、該放電管断面の直径は試料の径の1.5倍より大きく、かつ、径が8インチ以上の試料の処理を行うことを特徴とするプラズマエッチング装置。

【請求項12】 請求項11に記載のプラズマエッチング装置において、放電管内のある部分にガス濃度の高い領域を形成し、放電管の試料と相対する壁面への電子の入射を阻害するようにしたことを特徴とするプラズマエッチング装置。

【請求項13】 請求項12に記載のプラズマエッチング装置において、放電ガスとして2種類以上のガスを用いるとともに、その内の少なくとも1種類のガスが電子の吸収確率が高いガスであることを特徴とするプラズマエッチング装置。

【請求項14】 請求項8に記載のプラズマエッチング装置において、マイクロ波放電を行う放電管は、該放電管内の試料と相対する位置またはその外周部の構造が単調な平面状または球面状でなく、少なくとも放電管内面に対して垂直な線が試料の表面を通らないように該内面構造が形成されていることを特徴とするプラズマエッチング装置。

【請求項15】 請求項1に記載のプラズマエッチング装置において、マイクロ波電力によりガスプラズマを発生させ、試料設置台に高周波を印加する方式の装置であって、プラズマエッチング中に試料表面から発生する2次電子の平均自由行程の少なくとも3倍以上離れた位置に放電管の内壁面が存在するようにすることにより、プラズマ発生部での2次電子の制御を行うことを特徴とするプラズマエッチング装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、表面の微細加工に好適なプラズマ処理技術を用いたプラズマエッチング装置に係わり、特に、安定な信頼性に優れたプラズマの生成と維持を得て処理を行うのに好適なプラズマエッチング装

置に関する。

【0002】

【従来の技術】半導体集積回路(LSI)の微細加工法として用いられるドライエッチング技術は、LSIの微細化に伴って、0.1 μ mレベルの高精度が必要となっている。従来のリアクティブ イオン エッチング(RIE)においては、通常10mTorrから100mTorrの比較的高いガス圧力においてエッチングが行われていたが、近年、ガスプラズマ中におけるイオンの散乱を防止するため、より低ガス圧力で、しかもある程度10のエッチング速度を得るために高効率放電を行うエッチングが検討されてきた。そして、例えば、特公昭52-126174号公報や文献「ソリッド ステート デバイセス アンド マテリアルズ(Solid State Devices and Materials)、第207頁、1990年」に記載のマイクロ波プラズマエッチング(ECRエッチングともいう)や、「ドライプロセス シンポジウム、第54頁、1988年」に記載のマグネトロン放電型RIEや、「ジャーナル オブ バキューム サイエンス テクノロジー(Journal of Vacuum Science Technology)、B9(2)、310(1991)」に記載のヘリコン型RIE装置等が開発されてきた。これらの装置においては例えば上記文献のECRエッチングのように、0.5mTorrの低ガス圧力において、Cl₂の20sccmのガス流量で、ポリシリコンのエッチングが行われていた。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】上記従来技術によるエッチングでは、10mTorr以下の低ガス圧プラズマにおいて、2次電子発生に起因した放電の不安定性が生じ、加工不良が起きるという問題があった。

【0004】本発明の目的は、10mTorr以下の低ガス圧プラズマにおいての2次電子発生に起因した放電の不安定性を解消したプラズマエッチング装置を提供することにある。

【0005】

【課題を解決するための手段】本発明は、プラズマエッチング装置において、プラズマ発生部および処理すべき試料を設置する試料設置台ならびにその部分に接する部材に2次電子制御機構を設け、これにより2次電子発生に起因した放電の不安定性の解消を図ったものである。40

【0006】なお、2次電子制御機構は、具体的には、電場や磁場を印加して2次電子の軌道の修正を行い、また試料に対向する面に電子低放出材料の使用することで実現している。

【0007】

【作用】2次電子は、処理すべき試料、例えばSiウェハの表面への高速イオンの入射によって発生する。この2次電子は、イオン加速空間(イオンシース)をイオンとは逆に加速されてウェハ表面から飛び出し、低ガス圧下では分子等と衝突することなく対向する面に衝突し、50

さらに多くの2次電子をつくり出す。これら電子はエネルギーが低い、イオンエネルギーが高く2次電子が多量に発生すると、プラズマ中のイオンと電子の1:1の比率がくずれ、このバランスを取り戻そうとする力が働き、放電は不安定化する。この2次電子により生じる問題に対しては、1)ウェハでの発生を防止すること、2)イオンシースでの加速を防ぐこと、3)プラズマ中で2次電子を消滅させること、4)対向する面への2次電子の入射を防止すること、5)対向面に2次電子が入射しても、再び2次電子が発生するのを防ぐこと、等によって解決できる。

【0008】前述の本発明の構成は、上記解決策の少なくとも一つの機能を果たすものであり、これにより2次電子により生じる問題を解決することができる。

【0009】

【実施例】実施例の説明に先立ち、本発明によるマイクロ波プラズマエッチング装置(ECRエッチャとも称する)の構成を図1により説明する。本装置の特徴は、プラズマと相対する固体表面で発生する2次電子の制御機構をプラズマ発生部およびウェハ設置台、ならびにそれらの部分に接する部材に設けたことである。本装置は、真空処理室1にエッチングガスを導入し、マイクロ波発生器2において2.45GHzの高周波を発生させ、これを導波管3により放電部4に輸送してガスプラズマ5を発生させる。高効率放電のために、磁場発生用のソレノイドコイル6が放電部4の周囲に配置され、875ガウスの磁場により電子サイクロトロン共鳴(Electron Cyclotron Resonance: ECRともいう)の高密度プラズマが発生される。この放電部4に接するように試料台7があり、この上に載置されたウェハ8を前記ガスプラズマによりエッチング処理する。処理後のエッチングガスは、放電部4、真空処理室1を経て排気管10から排気ポンプ11により真空処理室外へ排出される。この際、コンダクタンスバルブ12を可変にすることにより、排気速度を変えることができる。処理ガスは、ガス流量コントローラ13を通しガス配管14を経てガス導入口9から放電管内部へ導入される。ウェハ8を載置する試料台7には、ウェハを0℃以下に冷却する冷却機構16が備えられ、また13.56MHzから400kHzのRFバイアス17が印加できる。真空処理室1にはヒータ18が付いており、50℃以上に加熱できる。排気ポンプ11には排気速度2000リットル/秒のターボ分子ポンプを用いた。放電部4、真空処理室1、排気管10の総容積は100リットルである。Siウェハ径は8インチとした。

【0010】このマイクロ波プラズマエッチング装置を用いて、Siトレンチに用いるSi単結晶のエッチングを行った。試料は、Si基板を500nmの厚さに熱酸化膜を形成し、その上にホトレジストマスクを形成し、酸化膜をドライエッチングした後、ホトレジストを除去

5

して SiO_2 マスクを形成したものである。エッチングガスには Cl_2 を用い、ガス圧力 5mTorr 、マイクロ波パワー 500W 、RFバイアスは 2MHz で 20W 、ウェハ温度は室温とし、ガス流量を 200sccm とした。磁場強度分布は放電部の上方から下方に向けて小さく、ECR条件を満たす 875 ガウスの位置はウェハ上方 40mm であった。このときの Si エッチ速度は $500\text{nm}/\text{分}$ となった。 Si のエッチング形状については、 $5\mu\text{m}$ の深さの Si 深孔のアンダーカット量は $0.1\mu\text{m}$ 程度であった。エッチング速度の孔径依存性は、 $0.3\mu\text{m}$ から $1.0\mu\text{m}$ の間の孔径において速度差は 20% 以内であった。エッチングマスクに用いた SiO_2 との選択比(Si/SiO_2)は約 50 となった。また、リンドープポリシリコンのエッチングでもほぼ同様の結果が得られた。

【0011】実施例1：上記性能の装置を使って、プラズマの安定性と2次電子放出との関連性を調べた。2次電子の発生は、ウェハに印加する 2MHz の高周波電力の大きさと印加の周期を変化させ、入射イオンのエネルギーと照射時間を変えて行った。その結果、試料に印加する高周波電力が大きく、ウェハに入射するイオンのエネルギーが 100eV 以上になるとウェハ表面で発生する2次電子発生量はかなり多くなり、 400eV を超えると増加した2次電子の影響で放電が不安定になり、ちらつきや発光強度の偏りが発生した。2次電子の発生量は材料と表面状態で変化するが、表面で発生する2次電子を抑えるには、イオンのエネルギーを低くすることが基本である。ところが、これを 100eV 以下に低くすると、上記 400eV のエッチング速度は、 $1/5$ 以下に減少しかつアンダーカットが発生し、処理時間と加工仕上がり寸法の制限上で不具合であった。このような場合には、2次電子発生防止の基本として、従来の3倍以上の高速排気によるガス的高速供給が有効であった。ガス圧力を 0.7mTorr 以下に設定し、一分あたりに 50cc 以上の多量のガスを流した結果、 $1/3$ の低バイアス条件でも、同ガス圧力で 15cc のエッチ速度 $300\text{nm}/\text{分}$ が得られ、このときに発生する2次電子によるプラズマのちらつきや偏り等は解消した。 $1\sim 10\text{mTorr}$ のガス圧力のときのエッチングでは、高速排気によるガス供給量増大の効果が大きく、従来の排気においてエッチング室から排気孔までと排気ポンプ性能を考慮した実効排気量を $5001/\text{分}$ 以上に設定する必要がある。より効果が出るのは、 1000 から $20001/\text{分}$ の排気速度であった。

【0012】実施例2：上記エッチング装置において、そのプラズマに接する放電管およびウェハを載置する台の表面を構成する材料に、2次電子の発生率の小さな材料を選択することも効果があった。一般に使用される石英(SiO_2)は、高エネルギーの電子入射によって2次電子の発生量が多い。従って、この石英に代わる安定絶

6

縁材料であれば、効果は出る。より効果的になるのは、放電管の石英の内面の一部もしくは全面に窒化ボロン、窒化ケイ素等の窒化物、フッ化マグネシウムやフッ化バリウム等のフッ化物、さらにシリコンより原子量の小さいリシウムや炭素を含む絶縁性の材料を塗布や堆積させたものであった。

【0013】実施例3：上記エッチング装置において、放電管およびウェハ抑え等のプラズマに接する表面の構造が、微細な凹凸構造をもつ場合に、2次電子による放電不安定性が少なくなることがわかった。すりガラス状の石英においても効果があり、さらに図2に示すような石英表面に格子状や市松模様凹凸を形成する方法も効果があった。図2は、図1中のマイクロ波導入窓21について、図2(a)にA、Bで示す面に、図2(b)や図(c)のように、凹凸を形成した例を示す。凹凸は一樣な高さで間隔で配置する必要はない。中心部と周辺部でかえることも効果的であった。

【0014】特に、低い面の面積が高い面の面積より広く、かつその段差が深くなるほど好都合であった。同等の構造を複数以上の石英により形成してもよい。少なくともその一枚をグリッド状に形成し、放電管の内面から距離をおいて設置すると、複雑な構造を石英管または板の上につくり込む必要がなく、低コスト化に適する。なお、上記実施例2と組み合わせることは効果的である。

【0015】実施例4：2次電子発生防止に効果的なマイクロ波放電管構成例としては、少なくとも石英板とステンレスおよびこれらの材料よりも2次電子発生量の少ない材料の三種類を使う方法がある。特に、2次電子発生量の少ない材料をウェハ表面と相対する位置またはその外周部に使うことにより、放電の安定性は向上した。

【0016】さらに、ウェハ径が8インチ以上のウェハを処理するマイクロ波エッチング装置において、放電管の高さがウェハ面に平行な放電管断面の直径の 1.5 倍より大きく、放電管断面の直径がウェハ径の 1.5 倍より大きくすることにより、放電の安定性は向上した。これは、マイクロ波電力でプラズマを発生させ、ウェハ載置台に高周波を印加する方式のプラズマエッチング装置において、プラズマエッチング中にウェハ表面から発生する2次電子の平均自由行程の少なくとも 3 倍以上離れた位置に放電管の内壁面が存在することである。つまり、2次電子が放電管壁に到達しないようにすればよい。

【0017】実施例5：上記エッチング装置において、放電管に2次電子の入射を阻害する電場もしくは磁場を印加すると、放電は安定化した。具体的な方法としては、磁場の構成を変更し、電子の発散を促すごとく、かつウェハから放電管壁に向い磁場強度が一様に増えるのではなく、空間的に磁場強度が低くなる部分を設定することである。また、交流磁場を重畳して印加しても同等の効果が得られた。

7

【0018】電子の入射を阻害させるため、磁場の周波数を時間的に変化させてもよい。

【0019】マイクロ波放電管の外周部に、部分的に複数の永久磁石を設置することにより、放電管への電子入射を阻害することも可能であった。

【0020】実施例6：上記エッチング装置において、プラズマに接するウェハを載置する台に高周波と直流の電位を供給し、これらの電位がウェハ表面から出る電子のウェハに対する垂直方向運動を阻害するように印加した。具体例としては、ウェハ周辺にプラスの電位を印加し、ウェハ表面の電位と異なった極性に保った。その結果、2次電子の一部が周辺の正電位の部位に引き込まれ、放電管壁への入射量が低減でき、プラズマは安定化した。

【0021】マイクロ波放電管の形状が半球状または円筒状、もしくは両者を併せた形状であり、その放電管外周の一部分を電極で構成してそれらに電位を与えることにより、放電管壁に電子が入射することを阻害できるようにした。その結果、上記ウェハ周辺への電位印加よりも低い電位で2次電子低減効果が現れた。

【0022】放電管外周の一部分を複数以上の部分に分割した電極で構成しそれらに独立に電位を与えることによって、放電管壁に電子が入射することを阻害する方法によれば、さらに2次電子低減の効果があつた。

【0023】実施例7：放電管内のある部分にガス濃度の高い領域を形成し、放電管のウェハに相対する壁面への電子入射を阻害することによっても放電の安定化が可能であった。

【0024】放電ガスが少なくとも2種類以上であり、その内に少なくとも1種類のガスが電子の吸収確率が高いガスを使うことも効果的である。すなわち、電子を放電管壁まで到達させなくする方法が有効であり、上記実施例のどの組み合わせを使用しても効果は上がる。

【0025】実施例8：マイクロ波プラズマエッチング装置により、コンタクトホールに用いられる SiO_2 のエッチングを行った。試料は Si 基板上に $2\mu\text{m}$ の厚さにCVDで Si 酸化膜を形成し、その上に、ホトレジストマスクを形成した。エッチングガスには CHF_3 を用い、ガス圧力 0.5mTorr 、マイクロ波パワー 500W 、RFバイアスは 800kHz で 200W 、ウェハ温度は -30°C とし、ガス流量を2から 100sccm まで変化させた。 2sccm では $50\text{nm}/\text{分}$ であったエッチ速度は Cl_2 ガス流量とともに増加し、 100sccm において $500\text{nm}/\text{分}$ となった。 SiO_2 のエッチング形状は、 0.5mTorr の低ガス圧力である

8

ため高い方向性が得られ、 $2\mu\text{m}$ の深さの SiO_2 深孔のアンダーカット量は $0.05\mu\text{m}$ 以下で、ガス流量依存性はほとんどなかった。さらに、エッチング速度の孔径依存性は小さく $0.1\mu\text{m}$ から $1.0\mu\text{m}$ の間の孔径において速度差は3%以内であった。

【0026】このようなエッチングガス流量の増大により、放電の安定性は極めて良くなる。すなわち、プラズマに接する表面に堆積物を形成しやすい場合においても、上記実施例1に基づく2次電子防止による放電の安定化が有効であった。

【0027】なお、本発明の構成は、プラズマエッチング装置に限らず、他のプラズマ処理装置、例えばマイクロ波プラズマCVD装置、プラズマCVD装置等に対しても有効であることは明らかである。

【0028】

【発明の効果】本発明によれば、ウェハ表面で発生する2次電子を低減し、対抗する放電管面への入射量を減少させることができるので、プラズマの正負電荷のバランスを取ることができ、顕著な安定性が実現できる。従って、量産装置には必須の技術であり、シリコンの集積回路の製造において非常に高い方向性や長時間安定性の必要となる Si トレンチやコンタクト孔等の高アスペクト比（パターン幅/エッチング深さの比）エッチングを、高速度で高精度に加工することができる。

【0029】また、本発明の効果はエッチングする材料によらず、 Si ウェハの外、アルミニウム、タングステン、タングステンシリサイド、銅、 GaAs 、 Si 窒化膜等の他の材料についても同様の効果がある。

【図面の簡単な説明】

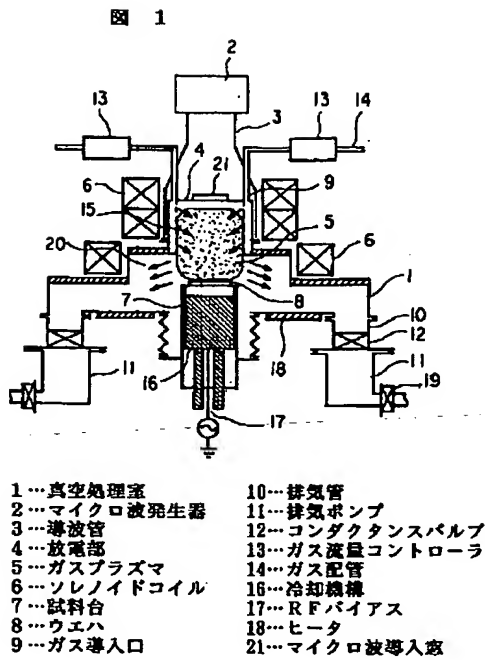
【図1】本発明によるマイクロ波プラズマエッチング装置の構成を示す概略図である。

【図2】本発明の一実施例における放電管表面形状を示す図である。

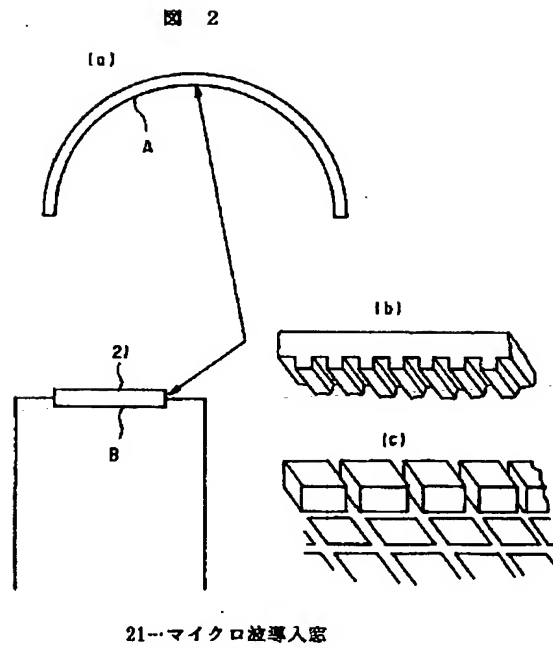
【符号の説明】

1…真空処理室	2…マイクロ波発生器
3…導波管	4…放電部
5…ガスプラズマ	6…ソレノイドコイル
7…試料台	8…ウェハ
9…ガス導入口	10…排気管
11…排気ポンプ	12…コンダクタンスバルブ
13…ガス流量コントローラ	14…ガス配管
16…冷却機構	17…RFバイアス
18…ヒータ	21…マイクロ波導入窓

【図1】



【図2】



フロントページの続き

(72)発明者 後藤 康

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地
株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 辻本 和典

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地
株式会社日立製作所中央研究所内